

**PENGARUH TEMPERATUR FLUIDA PENDINGIN
TERHADAP UNJUK KERJA SISTIM TERMOELEKTRIK****Kennedy¹, Khairil Anwar², Moch. Briand Anggara³**¹²³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Tadulako

Palu, Indonesia

kennedy@untad.ac.id¹; edymarsan@gmail.com¹

Abstract: Effect of Coolant Fluid Temperature On the performance of the thermoelectric system. The performance of the thermoelectric cooling system (TEC) is affected by the heat release ability. This study aims to determine the effect of coolant fluid temperature on the hot side of the TEC in its application on the thermoelectric cooler. This study uses a 10-liter Styrofoam box with a TEC1-12706 and uses an aluminum water block as a heat sink. Water is used as a working fluid with 2°C and fluid flow rate varied of 1, 3 and 6 liters per minute. The corrugated cold sinks and fans placed on the cold side of the TEC with constant air velocity, the results which are then compared with the study on 30°C cooling fluids at the same condition and variation of flow rate. The results show that the temperature drop of cooler box is greatly influenced by temperature and flow rate of coolant on the hot side of the TEC, the lower coolant temperature will decreases the different temperature hot and cold side the TEC (ΔT_p). At the same temperature of coolant, the fluid flow rate does not have a significant impact on the heat absorption Q_c and ΔT_p value, due to changes of the electrons movement shown by the change of electric current and resulting in an increase the heat release from the cooling box, on the other side an increase in input power will affects the coefficient of performance system.

Key Words: Coolant Fluid Temperature, Power Input, COP

Abstrak: Pengaruh Temperatur Fluida Pendingin Terhadap unjuk kerja sistim termoelektrik. Unjuk kerja sistem pendingin termoelektrik (TEC) dipengaruhi oleh kemampuan pelepasan kalor pada sisi panas TEC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur fluida pendingin pada sisi panas TEC dalam terapanannya pada kotak pendingin termoelektrik. Penelitian ini menggunakan *box styrofoam* berkapasitas 10 liter dengan sebuah TEC1-12706 dan menggunakan *water block* aluminum sebagai *heat sink*. Air di gunakan sebagai fluida kerja bertemperatur 2°C serta laju aliran fluida 1, 3 and 6 liter per menit. Pada sisi dingin TEC ditempatkan *cold sink* dan *fan* dengan kecepatan udara yang konstan yang kemudian dibandingkan dengan hasil penilitian pada fluida pendingin bertemperatur 30°C dengan kondisi dan variasi laju aliran yang sama.

Hasil menunjukkan penurunan temperatur kotak pendingin sangat dipengaruhi oleh temperatur dan laju aliran pendingin pada sisi panas TEC, temperatur fluida yang rendah menurunkan beda temperatur sisi panas dan dingin TEC (ΔT_p). Pada temperatur fluida yang sama perubahan laju aliran fluida tidak berdampak signifikan pada perubahan ΔT_p dan serapan kalor Q_c yang terjadi, hal ini diakibatkan oleh adanya perubahan pergerakan elektron yang di tunjukkan dengan perubahan arus listrik dan menghasilkan peningkatan pelepasan kalor ruangan kotak pendingin, namun di sisi lain akan meningkatkan daya input sistim yang berdampak pada COP sistim.

Kata Kunci : Temperatur fluida pendingin, Daya input, COP.

PENDAHULUAN

Sistim pendingin thermoelectric cooler (TEC) sangat di pengaruhi oleh kemampuan pelepasan kalornya demi mencapai temperatur pendinginan yang diinginkan. Jumlah serap-buang kalor TEC bergantung dari jenis dan bahan-bahan penyusun TEC. Salah satu indikator

peningkatan laju aliran kalor yang dihasilkan oleh sistim termoelektrik adalah beda temperatur sisi dingin dan panas dari TEC, dimana semakin kecil beda temperaturnya, akan meningkatkan laju aliran kalor dari sistim tersebut.

Telah banyak peneltian tentang sistim pendingin termoelektrik, diantaranya, Rawat, M. K., Chattopadhyay, H., Neogi, S [2013]

melakukan kajian pemanfaatan sistim pendingin dan pengkondisian udara termoelektrik, Akmal M, Aziz A [2014] melakukan penelitian tentang pengaruh jumlah cascade dan Input daya terhadap temperatur *cooling box*. Awasthi M.,[2012] melakukan rancang bangun sistim refrigerasi termoelektrik. Al-Kaby, Rehab N M. [4] meneliti tentang unjuk kerja pendingin termoelektrik, Diana Ensuc, Elena Otilia Virjoghe [2014] melakukan review tentang parameter dan unjuk kerja pendingin termoelektrik.

H.Y.Zhang, [2010] mengevaluasi optimasi sistim pendingin termoelektrik untuk mikroprosessor, dimana dilakukan pengamatan perbedaan antara pendinginan sistim cair dan udara serta perbedaan antara temperature sisi dingin dan panas dari elemen TEC. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan sistim pendingin cair menghasilkan peningkatan arus listrik TEC yang lebih tinggi di bandingkan dengan pendinginan udara. Nilai COP akan mencapai nilai maksimum pada arus listrik yang relative rendah.

Satish G. Kandlikari dan Clifford N. Hayner,[2011], melakukan penelitian pada *liquid Cooled Cold Plates* untuk keperluan Industri, di sebabkan oleh kemampuan fluida pendingin (*coolant*) dalam serapan kalor yang lebih baik di bandingkan dengan pendinginan udara.

Kennedy,Khairil Anwar,Briand A [2016] melakukan pengamatan pengaruh laju aliran pendingin terhadap unjuk kerja sistim TEC, dengan temperatur fluida pendingin sebesar 30°C. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran fluida pendingin pada sisi panas TEC akan meningkatkan laju pelepasan kalor yang terjadi.

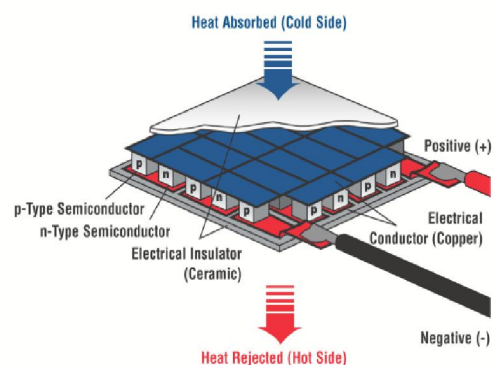
Untuk itu penelitian ini di laksanakan untuk melanjutkan peneltian tersebut dengan menggunakan jenis dan variasi laju aliran fluida yang sama namun dengan temperatur fluida 2°C. Hasil penelitian akan di bandingkan dengan peneltian terdahulu untuk melihat dampak dari perubahan

temperature fluida terhadap unjuk kerja sistim TEC.

TEORI DASAR

Fenomena termoelektrik awalnya ditemukan oleh fisikawan dari Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821. Seebeck mengamati bahwa jika ada dua bahan berbeda yang disambungkan di ujung-ujungnya, kemudian salah satu ujungnya dipanaskan, maka akan ada arus listrik yang mengalir. Fenomena ini disebut dengan efek Seebeck. Pada tahun 1834, peristiwa sebaliknya ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier. Ketika arus listrik mengalir pada sambungan dua konduktor yang berbeda akan terjadi perbedaan suhu pada kedua konduktor tersebut. Peristiwa ini dinamakan efek Peltier. Selain itu fenomena lain yang terjadi pada modul termoelektrik adalah efek Seebeck, efek Peltier, efek Joulean, efek Thomson, dan efek Fourier.

Prinsip kerja mesin pendingin termoelektrik atau yang sering disebut *Thermoelectric Cooler* (TEC) adalah menyerap panas di dalam kotak pendingin melalu terminal dingin dan dibuang pada terminal panas elemen termoelektrik. Penyerapan dan pembuangan panas terjadi akibat arus listrik DC yang mengalir ke beberapa pasang sel semikonduktor tipe-p (energi rendah) dan tipe-n (energi tinggi).

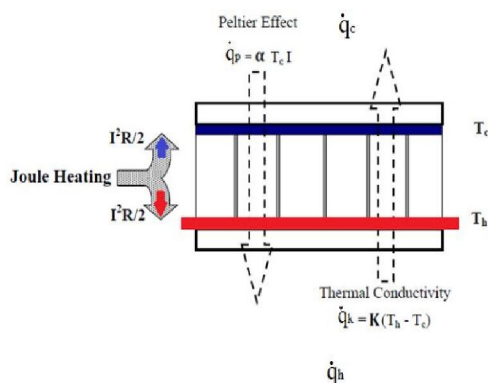


Gambar 1. Skema aliran sebuah modul termoelektrik [9]

Perbedaan temperatur pada sisi terminal dingin dan terminal panas elemen termoelektrik terjadi akibat pergerakan

elektron yang mengalir dari semikonduktor pada tipe-p yang kekurangan energi dan menyerap kalor untuk menambah energi pada sisi dingin. Pergerakan elektron ditunjukkan dengan mengalirnya elektron ke tipe-n. ketika semikonduktor tipe-n kelebihan elektron, maka elektron akan dibuang ke udara lingkungan dalam bentuk panas dan selanjutnya bergerak ke semikonduktor tipe-p.

Pada kondisi ideal, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin dan lepas pada sisi panas bergantung pada koefisien termoelektrik dan arus listrik yang digunakan. Saat dioperasikan, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin akan berkurang akibat dari dua faktor, yaitu kalor yang terbentuk pada material semikonduktor disebabkan oleh perbedaan temperatur antara sisi dingin dan sisi panas elemen (*conducted heat*) dan *joule heat* yang nilainya akan sama dengan kuadrat dari arus listrik yang digunakan.



Gambar 2. Perpindahan kalor akibat arus listrik.[4]

Sehingga pada kondisi apapun kesetimbangan termal yang terjadi karena efek peltier pada sisi dingin akan sama dengan jumlah kalor yang terbentuk pada semikonduktor. Performa dari termoelektrik, *Thermoelectric Handbook*, Laird (2010).

Koefisien Seebeck

$$\alpha = 2 \cdot \alpha_m \cdot N \quad (1)$$

Koefisien Seebeck elemen

$$\alpha_m = \alpha_0 + \alpha_1 T_{ave} + \alpha_2 T_{ave}^2 \quad (2)$$

Dimana :

α_m = Koefisien Seebeck elemen (V/K)

$$\alpha_0 = 2.2224 \times 10^{-5}$$

$$\alpha_1 = 9.306 \times 10^{-7}$$

$$\alpha_2 = -9.905 \times 10^{-10}$$

$$T_{ave} = (T_c + T_h)/2$$

Koduktifitas termal elemen

$$K = 2 \cdot K_m \cdot N \cdot G \quad (3)$$

Dimana :

K_m = konduktivitas termal elemen (W/cmK)

G = faktor geometri elemen

Dalam peneltian ini, factor geometri di dapatkan melalui pengukuran tegangan dan arus listrik TEC yang kemudian dengan menggunakan AZTEC software; Version 4.0, Laird Technologies, di dapatkan factor goemteri yang sesuai dengan TEC1-12706 yang digunakan adalah 0,077.

Konduktifitas elemen

$$K_m = K_0 + K_1 T_{ave} + K_2 T_{ave}^2 \quad (4)$$

Dimana :

K = konduktifitas elemen (W/cmK)

$$K_0 = 6.2605 \times 10^{-2}$$

$$K_1 = -2.777 \times 10^{-4}$$

$$K_2 = 4.131 \times 10^{-7}$$

T_{ave} = temperatur rata-rata sisi dingin dan sisi panas (K).

Tahanan elektrik

$$R = \frac{Z \cdot \rho \cdot N}{G} \quad (5)$$

Tahanan elektrik elemen

$$\rho = \rho_0 + \rho_1 T_{ave} + \rho_2 T_{ave}^2 \quad (6)$$

Dimana :

ρ = Tahanan elektrik elemen
(Ωcm)

$$\rho_0 = 5.112 \times 10^{-5}$$

$$\rho_1 = 1.634 \times 10^{-6}$$

$$\rho_2 = 6.279 \times 10^{-9}$$

$$T_{ave} = (T_c + T_h)/2$$

Kalor yang dilepaskan pada sisi panas TEC,

$$q_h = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T_p \cdot G + \left(\frac{I^2 \cdot \rho}{2G} \right) \right] \quad (7)$$

Kalor yang diserap pada sisi dingin TEC,

$$q_c = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T_p \cdot G - \left(\frac{I^2 \cdot \rho}{2G} \right) \right] \quad (8)$$

Figure of merit, (Z),

Nilai *figure of merit* merupakan parameter gabungan dari tiga jenis sifat pada termoelektrik dan sangat berpengaruh besar terhadap pendinginan yang terjadi. Pendinginan termoelektrik sangat dipengaruhi oleh nilai Z. peningkatan nilai Z akan diiringi peningkatan nilai ΔT_p .

Selain itu, nilai Z dapat menunjukan kualitas dari elemen termoelektrik. Dilihat dari segi kebutuhan temperatur yang digunakan, bahan termoelektrik memiliki tiga jenis yaitu: *Bismuth Telluride* (Bi_2Te_3),

Lead Telluride (PbTe), dan perpaduan (SiGe).

$$Z = \frac{\alpha_m^2}{\rho \cdot K_m} \quad (9)$$

Unjuk kerja atau *coefficient of performance* (COP) termoelektrik merupakan perbandingan antara serapan kalor sisi dingin terhadap input daya TEC.

Coefficient of performance

$$\text{COP} = \frac{q_c}{P_{in}} \quad (10)$$

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode ekperimental dengan menggunakan menggunakan, sebuah *kotak pendingin* Styrofoam berukuran 10 liter, seperti yang tampak pada gambar 3. Elemen TEC yang digunakan adalah TEC1-12706 berdimensi 40x40x3.8 mm berdaya maksimum 70 watt. Sebanyak 1 buah.



Gambar.3 Kotak pendingin Styrofoam 10 L

Sebuah *water cooling block* aluminium berukuran 40x40x12 mm digunakan sebagai heat sink pada sisi panas TEC. Tampak pada gambar 4. Fluida pendingin yang digunakan adalah air, disirkulasikan oleh pompa dengan temperatur air di jaga konstan pada 2°C serta laju aliran volume divariasikan 1, 3 dan 6 L/min.

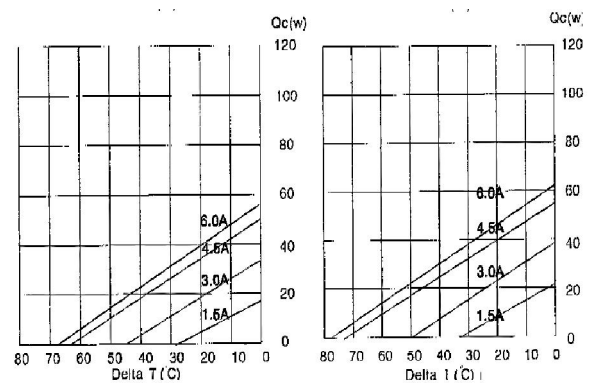
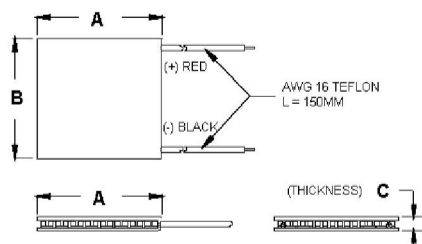
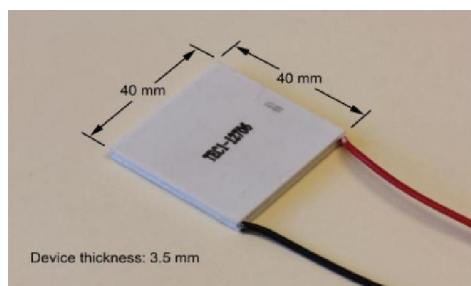
**Gambar.4** Water Cooling block

Sepesifikasi elemen termoelektrik yang digunakan, mengacu kepada spesifikasi TEC12706 Hebei I.T. Shanghai Co., Ltd., [2012], yang merupakan produsen dari termoelektrik yang dipergunakan. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 serta gambar 2 dan 3.

Pengukuran temperatur menggunakan data logger dimana pada TEC di tempatkan pada sisi dingin (T_c) dan sisi Panas (T_h), temperatur box (T_{box}) dan temperatur fluida kerja masuk dan keluar (T_{in} & T_{out}). Temperatur udara sekitar juga turut di pertimbangkan..

Tabel 1. Spesifikasi TEC1-12706

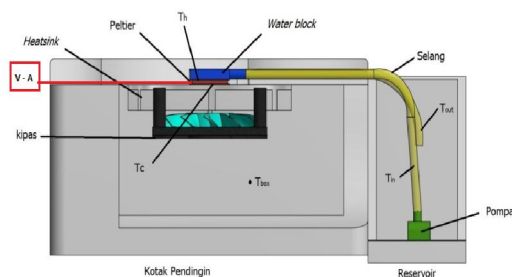
o	Model Number : TEC1-12706
	Size = (40x40x3.8) mm
	$A = 1.69 \times 10^{-6}$
	$I_{max} = 6 \text{ Amper}$
	$V_{max} = 14.4 \text{ Volt}$
	$N = 127$
	$\Delta T_{max} = 66^\circ\text{C}$
	$Q_{max} = 50 \text{ Watt}$

**Gambar 6.** Hubungan Q_c dan ΔT_p untuk temperatur T_h , 25°C dan 50°C .**Gambar.5** Modul termoelektrik.

Pada sisi dingin termoelektrik ditempatkan *cold heat sink fin* berkontur berukuran (120x200x35) mm dengan ketebalan dasar 5 mm pada tengah dan 3 mm pada sisi luar disertai *fan* (gambar 7.) pada kecepatan putaran konstan untuk mempercepat penyerapan kalor pada *kotak pendingin*. Sketsa alat uji dapat dilihat pada Gambar 6.

**Gambar. 7.** Cold sink dan fan

Daya input TEC di ukur dengan menggunakan digital volt-ampere meter, sehingga data hasil berupa arus dan tegangan listrik TEC. Daya input TEC tanpa pengaturan atau di tidak konstan pada satu nilai arus listrik untuk melihat perubahan daya listrik saat variasi penelitian di laksanakan. Seluruh data dicatat dan di rekam tiap menit dalam selang waktu 90 menit.



Gambar. 8. Sketsa alat uji TEC dan penempatan alat ukur (non skala)

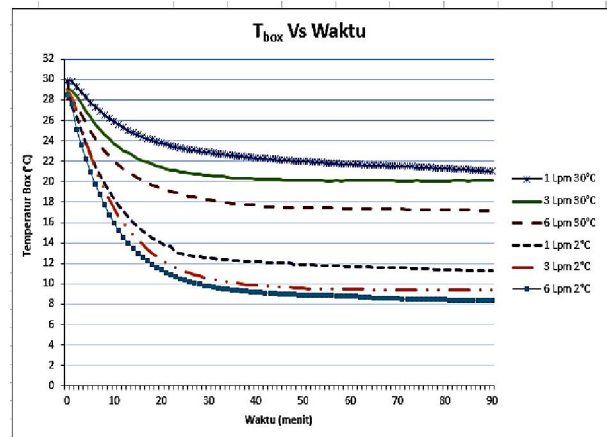
IV. HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil pengamatan pada penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kennedy, Khairil Anwar, Briand Anggara [2016] yang melakukan pengamatan pada aliran fluida pendingin bertemperatur 30°C.

Pengaruh awal dari temperatur fluida pendingin dapat dilihat dari laju penurunan temperatur kotak pendingin, seperti yang di tunjukkan pada gambar 9. Tampak bahwa temperatur fluida pendingin 2°C dapat menurunkan temperatur kotak pendingin yang lebih rendah jika di bandingkan dengan fluida pendingin bertemperatur 30°C.

Laju aliran fluida pendingin pada *water cooling block* juga berpengaruh terhadap temperatur kotak pendingin. Dimana tampak bahwa semakin besar laju aliran fluida pendingin maka temperatur kotak pendingin dapat lebih rendah, temperatur kotak pendingin terendah dicapai pada laju aliran 6 l/menit dengan temperatur fluida 2°C, yakni 8,4°C.

Hal ini menunjukkan bahwa laju aliran dan temperatur fluida pendingin akan menghasilkan peningkatan besarnya serapan kalor yang melintasi TEC. Dari data spesifikasi TEC12706 [10] menunjukkan laju aliran kalor akan meningkat seiring dengan penurunan beda temperatur antara sisi panas dan dingin (ΔT_p) TEC.



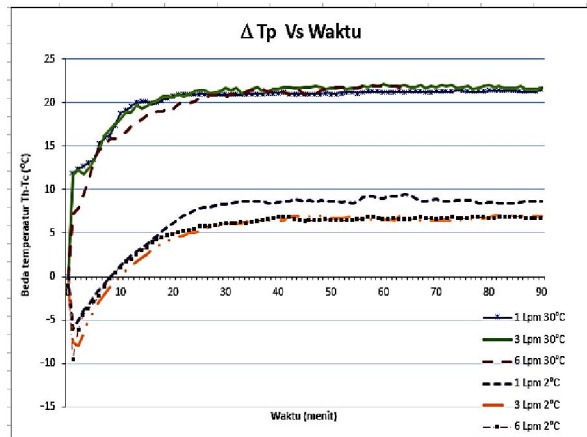
Gambar. 9. Temperatur kotak pendingin

Gambar 9, menunjukkan beda temperatur (ΔT_p) yang terbagi menjadi dua kelompok berdasarkan temperatur fluida pendingin, dimana tampak bahwa pada temperatur fluida 2°C menghasilkan ΔT yang lebih rendah dibandingkan dengan fluida 30°C. Namun pada temperatur fluida yang sama, beda temperatur sisi dingin dan panas TEC terjadi berada pada kisaran yang sama, Hal ini menunjukkan bahwa perubahan laju aliran fluida pendingin pada sistim pelepas kalor yang sama, tidak secara signifikan menghasilkan perubahan ΔT .

Namun dari pengamatan, temperatur kotak pendingin yang terjadi berbeda pada setiap perubahan laju aliran fluida pendingin, untuk itu perlu diperhatikan besarnya laju serapan pada sisi dingin dan pelepasan kalor pada sisi panas TEC pada setiap perubahan temperatur dan laju aliran fluida pendingin.

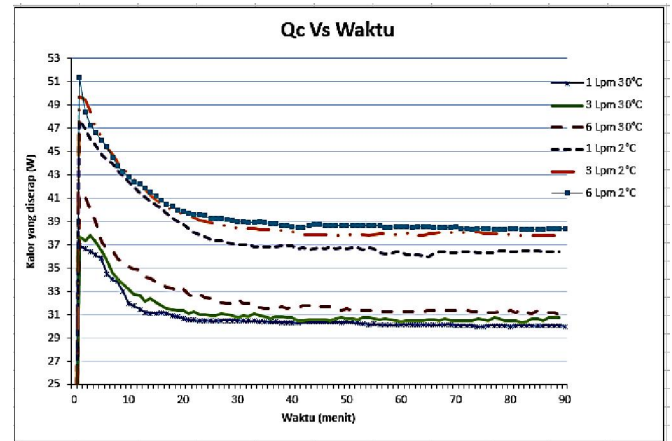
Laju serapan kalor sisi dingin TEC (Q_c) di tunjukkan pada gambar 11. Tampak bahwa laju serapan kalor secara garis besar terbagi kedalam dua kelompok berdasarkan temperatur fluida pendingin, dimana serapan kalor pada temperatur

fluida pendingin 2°C lebih tinggi di bandiingkan dengan fluida bertemperatur 30°C. Meski perbedaan serapan kalor pada temperatur fluida yang sama tidak begitu besar, namun laju serapan kalor tertinggi terjadi pada fluida 2°C dengan laju aliran 6 l/menit, dengan rata-rata sebesar 39,74 W.

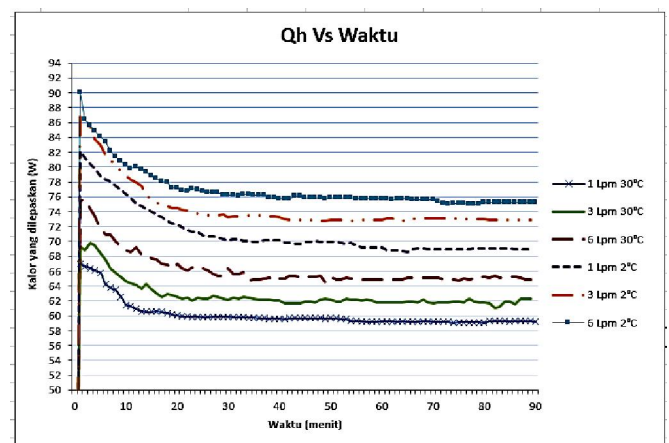


Gambar. 10. Benda temperatur sisi TEC

Berbeda dengan trend Q_c , laju pelepasan kalor (Q_h) yang terjadi berubah seiring dengan perubahan laju aliran dan temperatur fluida pendingin, seperti yang tampak pada gambar 12. Dimana pelepasan kalor tertinggi dicapai pada laju aliran 6 l/menit pada temperatur fluida 2°C dengan nilai rata-rata sebesar 76,98 W. Hal ini menunjukkan meskipun beda temperatur antara terminal sisi dingin dan panas TEC berada pada kisaran yang hampir sama, namun terjadi perbedaan pergerakan elektron yang mengakibatkan perubahan arus listrik yang mengalir ke elemen TEC, seperti yang tampak pada gambar 11.

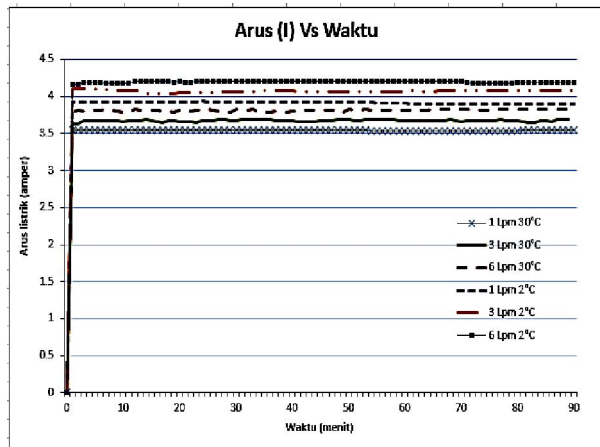


Gambar.11 . Laju serapan kalor (Q_c)



Gambar. 12. Laju pelepasan kalor (Q_h)

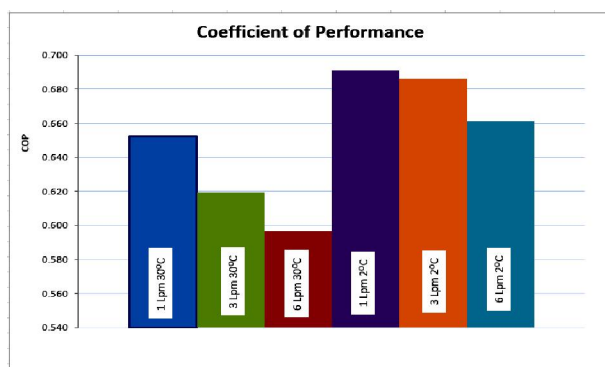
Arus listrik berubah seiring dengan perubahan laju dan temperatur aliran fluida pendingin. Tampak bahwa semakin tinggi laju aliran fluida pendingin pada temperatur rendah akan menghasilkan peningkatan arus listrik. Arus listrik tertinggi sebesar 4,19 ampere, terjadi pada temperatur fluida 2°C, dengan laju aliran volume 6 l/menit. Peningkatan arus listrik pada beda temperatur yang konstan menyebabkan meningkatnya lepasan kalor pada sisi panas elemen TEC dan meski berubah dalam rentang yang sempit, nilai serapan kalor juga akan berubah dan berdampak pada penurunan temperatur kotak pendingin.



Gambar. 13. Arus listrik TEC terhadap waktu

Coefficient of performance (COP) sistim ditunjukkan pada gambar 14. Dimana temperatur fluida pendingin yang rendah memiliki COP yang lebih tinggi dibandingkan dengan fluida pendingin 30°C. Pada kedua variasi temperatur fluida pendingin memiliki trend yang sama, dimana COP akan menurun seiring kenaikan laju aliran fluida pada temperatur fluida yang sama.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Diana Ensuc dan Elena Otilia Virjoghe [2014], dimana penurunan nilai COP yang terjadi merupakan dampak dari perubahan *efek Thomson* yang diikuti oleh penurunan *efek Fourier* dan *Joule heating* pada sisi dingin TEC. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun peningkatan laju aliran pendingin akan meningkatkan efek pelepasan kalor ruangan kotak pendingin, namun di sisi lain akan berdampak pada peningkatan daya input sistim.



Gambar. 14. *Coefficient Of Performance (COP)*

V. KESIMPULAN

Temperatur dan laju aliran fluida pendingin pada heat sink sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja TEC. Semakin rendah temperatur aliran fluida pendingin pada sisi panas akan menyebabkan menurunnya beda temperatur sisi TEC yang diikuti oleh peningkatan serapan kalor dan arus listrik TEC. Pada temperatur fluida pendingin yang sama, laju aliran tidak berpengaruh signifikan terhadap beda temperatur TEC.

Temperatur dan laju aliran fluida pendingin berbanding terbalik terhadap COP sistim, dimana semakin rendah temperature fluida pendingin COP akan meningkat, namung peningkatan laju aliran akan menurunkan nilai COP sistim, akibat dari perubahan *efek Thomson* yang diikuti oleh penurunan *efek Fourier* dan *Joule heating* pada sisi dingin TEC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan rangkaian penelitian Optimasi *Portable Cool Box* Melalui Penggabungan Sitem Termoelektrik dengan NaCl dingin yang didanai oleh KEMENRISTEK DIKTI, Untuk itu, kepada KEMENRISTEK DIKTI RI. Di ucapkan banyak terimakasih

DAFTAR RUJUKAN

H.Y Zhang, 2010, " A General Approach In Evaluating and Optimizing Thermoelectric Coolers", ELSEVIER, *International Journal of Refrigeration* 33 1187-1196.

----- " Thermoelectric Handbook. "Laird Technologies, 2010, <http://www.lairdtech.com>.

Awasthi M., 2012, 'Design And Development Of Thermoelectric Refrigerator', *International Journal of Mechanical Engineering and Robotic Research*, Vol.1 No. 3, pp.389-399.

-----, "Thermoelectric Cooler Spesification TEC1-12706". Hebei I.T. Shanghai Co., Ltd., 2012.
[http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.data sheet](http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.data.sheet),

Rawat, M. K., Chattopadhyay, H., Neogi, S. 2013, "A Review On Development of Thermoelectric Refrigeration and Air Conditioning System: A Novel Potential Green Refrigeration and Air Conditioning Technology". *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* Vol. 3 Issue 3, Februari (362-367).

Akmal M., Aziz A., 2014, "Pengaruh Jumlah Cascade Dan Input Daya Terhadap Temperatur *Thermoelectric Cooling Box Portable*", *Jom FTEKNIK* Volume 1 No.2, Hal.1-4.

Diana Ensco, Elena Otilia Virjoghe, 2014, "A review on thermoelectric cooling parameters and performance" *ELSEVIER, Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38. 903-916.

Kennedy, Khairil Anwar, Moch. Briand Anggara, 2016, Pengaruh Laju Aliran Fluida Liquid-Cooled Heat Sink Terhadap Unjuk Kerja Sistem Pendingin Termoelektrik, *Prosiding Seminar Nasional ke 2 Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energy*, ISSN:978-979-18011-2-6, Hal 35-40.

\dot{Q}_c	Kalor yang diserap sisi dingin Peltier (Watt)
K	konduktivitas termal (Watt/°K)
ΔT	Beda temperatur sisi panas dan sisi dingin peltier (°K)
R	Tahanan elektrik (Ω)
N	Jumlah sambungan elemen pada termoelektrik
T_{ave}	Temperatur rata-rata sisi dingin dan sisi panas (°K)
K_m	konduktivitas termal elemen (W/cm°K)
G	faktor geometri elemen (cm)
ρ	Tahanan elektrik elemen (Ω cm)
P_{in}	Daya listrik yang diberikan pada termoelektrik (Watt)
V	Tegangan Listrik (Volt)
Z	Figure of merit ($^{\circ}K^{-1}$)
M	Massa (Kg)
ΔT_b	Perbedaan temperatur beban (°K)
Δt	Selisih waktu (s)
T_c	Temperatur sisi dingin (°K)
T_h	Temperatur sisi Panas (°K)
I	Arus listrik (A)

NOMENKLATUR

α_m	Koefisien Seebeck elemen (V/°K)
α	Koefisien Seebeck (V/°K)
C_p	Kalor spesifik (J/Kg°K)
\dot{Q}_h	Kalor yang dilepaskan sisi panas Peltier (Watt)